

羌活化学成分研究

罗 鑫^{1,2,3}, 王雪晶^{1,2,3}, 赵祎武^{1,2,3}, 黄文哲^{1,2,3}, 许治良^{1,2,3}, 王振中^{1,2,3}, 萧 伟^{1,2,3*}

1. 江苏康缘药业股份有限公司, 江苏 连云港 222000

2. 中药制药过程新技术国家重点实验室, 江苏 连云港 222000

3. 中药提取精制新技术重点研究室, 江苏 连云港 222000

摘 要: 目的 对羌活 *Notopterygium incisum* 的化学成分进行研究。方法 采用硅胶柱色谱、HPLC 以及 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱等方法进行分离纯化, 并结合现代波谱学技术对分离得到的化合物进行结构鉴定。结果 从羌活的 70%乙醇提取物中分离得到 14 个化合物, 分别鉴定为 7-羟基香豆素 (1)、5,7-二甲氧基香豆素 (2)、紫花前胡内酯 (3)、佛手酚 (4)、佛手柑内酯 (5)、异虎耳草素 (6)、比克白芷内酯 (7)、(+)-顺式凯林内酯 (8)、(-)-反式凯林内酯 (9)、茴香酸对羟基苯乙酯 (10)、5-甲氧基-8-羟基补骨脂内酯 (11)、阿魏酸 (12)、异欧前胡素 (13) 和异补骨脂素 (14)。结论 化合物 2、7~9 和 11 为首次从羌活属植物中分离得到。

关键词: 羌活; 紫花前胡内酯; 比克白芷内酯; (+)-顺式凯林内酯; (-)-反式凯林内酯

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2016)09-1492-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.09.007

Chemical constituents from *Notopterygium incisum*

LUO Xin^{1,2,3}, WANG Xue-jing^{1,2,3}, ZHAO Yi-wu^{1,2,3}, HUANG Wen-zhe^{1,2,3}, XU Zhi-liang^{1,2,3},
WANG Zhen-zhong^{1,2,3}, XIAO Wei^{1,2,3}

1. Jiangsu Kanion Pharmaceutical Co., Ltd., Lianyungang 222000, China

2. State Key Laboratory of New-tech for Chinese Medicine Pharmaceutical Process, Lianyungang 222000, China

3. The Key Laboratory for the New Technique Research of TCM Extraction and Purification, Lianyungang 222000, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents of *Notopterygium incisum*. **Methods** The chemical constituents were isolated by silica gel column chromatography, HPLC, and Sephadex LH-20 column chromatography. Their structures were identified on the basis of spectral data analysis. **Results** Fourteen compounds were isolated and identified as 7-hydroxycoumarin (1), 5,7-dimethoxycoumarin (2), nodakenetin (3), bergaptol (4), bergapten (5), isopimpinellin (6), byakangelicin (7), (+)-cis-khellactone (8), (-)-trans-khellactone (9), *p*-hydroxypenehtyl anisate (10), 5-methoxy-8-hydroxypsoralen (11), ferulic acid (12), isoimperatorin (13), and isopsoralen (14). **Conclusion** Compounds 2, 7—9, and 11 are isolated from the plants of *Notopterygium* H. Boiss. for the first time.

Key words: *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang; nodakenetin; byakangelicin; (+)-cis-khellactone; (-)-trans-khellactone

羌活为伞形科(Umbelliferae)羌活属 *Notopterygium* H. Boiss. 植物羌活 *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang 或宽叶羌活 *Notopterygium franchetii* H. de Boiss. 的干燥根茎和根, 性味辛、苦, 温, 归膀胱、肾经, 具有解表散寒、祛风除湿、止痛等功效, 用于风寒感冒、头痛项强、风湿痹痛和肩背酸痛^[1]。羌活是中、藏、羌医药体系中常用的中药, 其药用历史悠久, 应用广泛^[2], 现代药理

学研究表明羌活具有解热、镇痛、抗炎、抗血小板凝集、抗心律失常和抗心肌缺血等作用。其化学成分复杂, 主要有挥发油类、香豆素类、酚酸类以及倍半萜类等^[3-5]。本实验从羌活的 70%乙醇提取物中分离得到 14 个化合物, 并鉴定其结构, 分别为 7-羟基香豆素 (7-hydroxycoumarin, 1)、5,7-二甲氧基香豆素 (5,7-dimethoxycoumarin, 2)、紫花前胡内酯 (nodakenetin, 3)、佛手酚 (bergaptol, 4)、

收稿日期: 2015-12-25

基金项目: 科技部重大新药创制: 现代中药创新集群与数字制药技术平台 (2013ZX09402203)

作者简介: 罗 鑫, 硕士, 主要从事中药新药研究工作。Tel: 18261338700 (0518)81152323 E-mail: luol127xin@163.com

*通信作者 萧 伟, 男, 研究员级高级工程师, 博士, 研究方向为中药新药的研究与开发。Tel: (0518)81152367 E-mail: kanionlunwen@163.com

佛手柑内酯 (bergapten, **5**)、异虎耳草素 (isopimpinellin, **6**)、比克白芷内酯 (byakangelicin, **7**)、(+)-顺式凯林内酯 [(+)-*cis*-khellactone, **8**]、(-)-反式凯林内酯 [(-)-*trans*-khellactone, **9**]、茴香酸对羟基苯乙酯 (*p*-hydroxypenehtyl anisate, **10**)、5-甲氧基-8-羟基补骨脂内酯 (5-methoxy-8-hydroxypsoralen, **11**)、阿魏酸 (ferulic acid, **12**)、异欧前胡素 (isoiimperatorin, **13**) 和异补骨脂素 (isopsoralen, **14**)。其中化合物 **2**, **7**~**9** 和 **11** 为首次从羌活属植物中分离得到。

1 仪器与材料

Agilent 1260 制备型高效液相色谱仪 (美国 Agilent); Bruker-AV-400 型核磁共振光谱仪; Sephadex LH-20 (Pharmacia 公司); Fuji C₁₈ 色谱柱 (250 mm×50 mm, 5 μm); 色谱乙腈 (OCEANPAK); 薄层及柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂); 分析纯试剂 (南京化学试剂有限公司)。

羌活药材经南京中医药大学吴启南教授鉴定为伞形科植物羌活 *Notopterygium incisum* Ting ex H. T. Chang 的干燥根茎。

2 提取分离

羌活的干燥根茎 10 kg, 加 95%乙醇回流提取 3 次, 每次 2 h, 合并提取液, 减压浓缩得浸膏 500 g。用水分散后依次用石油醚、醋酸乙酯、正丁醇萃取, 减压浓缩得石油醚萃取物 120 g, 醋酸乙酯萃取物 100 g, 正丁醇萃取物 50 g。取石油醚萃取物 100 g 经硅胶柱色谱, 以石油醚-丙酮 (80:1→0:100) 梯度洗脱, 收集流分 A1~A9, 其中 A3 经纯化得到化合物 **13** (55 mg); A5 经硅胶柱色谱以石油醚-醋酸乙酯梯度洗脱, 纯化后得化合物 **2** (25 mg), **5** (28 mg); A6 经硅胶柱色谱以石油醚-醋酸乙酯梯度洗脱, 再经 Sephadex LH-20 纯化得到化合物 **14** (18 mg)。醋酸乙酯萃取物经硅胶柱色谱, 以石油醚-丙酮 (90:1→0:100) 梯度洗脱后, 收集流分 B1~B6, 其中 B1 经 Sephadex LH-20 反复纯化得到化合物 **1** (22 mg); B2 经硅胶柱色谱以石油醚-醋酸乙酯 (20:1→0:100) 梯度洗脱, 结合制备型 HPLC, 分离纯化得化合物 **6** (8 mg), **11** (12 mg), **12** (10 mg); B4、B5 经制备型 HPLC, 以乙腈 (B)-水 (A) 为流动相, 按照 0~80 min, 30%~45% B, 80~100 min, 45%~100% B 的条件进行梯度洗脱, 结合 Sephadex LH-20 反复纯化, 最终得化合物 **3** (42 mg)、**4** (18 mg)、**7** (13 mg)、**8** (10 mg)、**9** (17 mg)、**10** (25 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色针晶 (丙酮)。ESI-MS *m/z*: 161 [M-H]⁻。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ: 6.18 (1H, d, *J* = 9.5 Hz, H-3), 6.70 (1H, d, *J* = 2.2 Hz, H-8), 6.79 (1H, dd, *J* = 8.5, 2.3 Hz, H-6), 7.44 (1H, d, *J* = 8.5 Hz, H-5), 7.84 (1H, d, *J* = 9.5 Hz, H-4); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ: 162.3 (C-2), 113.1 (C-3), 144.6 (C-4), 129.3 (C-5), 111.8 (C-6), 161.7 (C-7), 102.0 (C-8), 155.8 (C-9), 110.9 (C-10)。以上数据与文献报道一致^[6], 鉴定该化合物为 7-羟基香豆素。

化合物 **2**: 白色结晶 (CHCl₃)。ESI-MS *m/z*: 207 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 7.96 (1H, d, *J* = 9.4 Hz, H-4), 6.42 (1H, d, *J* = 2.2 Hz, H-8), 6.25 (1H, d, *J* = 2.2 Hz, H-6), 6.17 (1H, d, *J* = 9.4 Hz, H-3), 3.92 (3H, s, 7-OCH₃), 3.87 (3H, s, 5-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 163.1 (C-2), 110.9 (C-3), 138.6 (C-4), 157.2 (C-4a), 156.5 (C-5), 94.6 (C-6), 161.0 (C-7), 92.3 (C-8), 103.6 (C-8a), 60.1 (7-OCH₃), 55.7 (5-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[7], 鉴定该化合物为 5,7-二甲氧基香豆素。

化合物 **3**: 无色针晶 (丙酮)。ESI-MS *m/z*: 245 [M-H]⁻。¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 7.93 (1H, d, *J* = 9.6 Hz, H-4), 7.47 (1H, s, H-5), 6.84 (1H, s, H-8), 6.24 (1H, d, *J* = 9.6 Hz, H-3), 4.75 (1H, t, *J* = 8.8 Hz, H-2'), 3.22 (2H, m, H-3'), 1.26 (3H, s, H-5'), 1.23 (3H, s, H-6'); ¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 160.6 (C-2), 111.3 (C-3), 144.6 (C-4), 124.1 (C-5), 125.6 (C-6), 163.0 (C-7), 97.0 (C-8), 155.0 (C-9), 112.2 (C-10), 90.4 (C-2'), 28.8 (C-3'), 70.8 (C-4'), 21.8 (C-5'), 23.2 (C-6')。以上数据与文献报道一致^[8], 鉴定该化合物为紫花前胡内酯。

化合物 **4**: 无色针晶 (丙酮)。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ: 6.22 (1H, d, *J* = 9.8 Hz, H-3), 8.32 (1H, d, *J* = 9.8 Hz, H-4), 7.70 (1H, d, *J* = 2.3 Hz, H-2'), 7.05 (1H, d, *J* = 1.8 Hz, H-3'), 7.01 (1H, s, H-8); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ: 163.8 (C-2), 114.2 (C-3), 141.7 (C-4), 146.0 (C-5), 111.6 (C-6), 159.4 (C-7), 92.2 (C-8), 154.4 (C-9), 105.1 (C-10), 149.7 (C-2'), 105.6 (C-3')。以上数据与文献报道一致^[9], 鉴定该化合物为佛手酚。

化合物 **5**: 无色针晶 (甲醇)。ESI-MS *m/z*: 217 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 8.16 (1H, d, *J* = 9.8 Hz, H-4), 7.62 (1H, d, *J* = 2.3 Hz, H-2'), 7.13 (1H, s, H-8), 7.05 (1H, d, *J* = 2.3 Hz, H-3'), 6.29 (1H, d,

$J = 9.8$ Hz, H-3), 4.27 (3H, s, 5-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 161.1 (C-2), 112.9 (C-3), 139.2 (C-4), 149.5 (C-5), 113.4 (C-6), 157.0 (C-7), 94.3 (C-8), 152.2 (C-9), 106.6 (C-10), 144.8 (C-2'), 105.1 (C-3'), 60.3 (5-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[10], 鉴定该化合物为佛手苷内酯。

化合物 **6**: 无色针晶(甲醇)。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.34 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-3), 8.18 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-4), 8.09 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-2'), 7.40 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-3'), 4.17 (3H, s, 5-OCH₃), 4.03 (3H, s, 8-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 160.1 (C-2), 112.9 (C-3), 140.2 (C-4), 144.7 (C-5), 114.8 (C-6), 149.9 (C-7), 127.6 (C-8), 143.5 (C-9), 107.2 (C-10), 146.8 (C-2'), 106.2 (C-3'), 61.8 (5-OCH₃), 61.2 (8-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[11], 鉴定该化合物为异虎耳草素。

化合物 **7**: 白色针晶(甲醇)。ESI-MS m/z : 335 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 6.34 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-3), 8.19 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-4), 4.17 (3H, s, 5-OCH₃), 8.10 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-2'), 7.39 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-3'), 5.00 (1H, d, $J = 5.7$ Hz, H-2''), 4.45 (1H, dd, $J = 10.0, 2.2$ Hz, H-2''), 3.64 (1H, ddd, $J = 8.0, 5.7, 2.3$ Hz, H-3''), 4.38 (1H, s, 3''-OH), 4.20 (1H, s, 4''-OH), 1.04 (3H, s, H-5''), 1.13 (3H, s, H-6''); ¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 160.1 (C-2), 112.9 (C-3), 140.2 (C-4), 144.5 (C-5), 114.9 (C-6), 150.0 (C-7), 127.3 (C-8), 143.6 (C-9), 107.3 (C-10), 146.8 (C-2'), 106.1 (C-3'), 61.3 (5-OCH₃), 76.3 (C-2''), 77.1 (C-3''), 71.2 (C-4''), 24.9 (C-5''), 27.7 (C-6'')。以上数据与文献报道一致^[12], 鉴定该化合物为比克白芷内酯。

化合物 **8**: 无色针晶(甲醇)。ESI-MS m/z : 263 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.24 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-3), 7.86 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-4), 7.44 (1H, d, $J = 8.6$ Hz, H-5), 6.76 (1H, d, $J = 8.6$ Hz, H-6), 3.75 (1H, d, $J = 4.7$ Hz, H-3'), 5.07 (1H, d, $J = 4.7$ Hz, H-4'), 1.42 (3H, s, H-5'), 1.43 (3H, s, H-6'); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 163.4 (C-2), 112.8 (C-3), 146.3 (C-4), 129.9 (C-5), 113.7 (C-6), 155.8 (C-7), 115.8 (C-8), 157.9 (C-9), 112.7 (C-10), 80.2 (C-2'), 62.1 (C-3'), 73.1 (C-4'), 21.4 (C-5'), 26.9 (C-6')。以上数据与文献报道一致^[13], 鉴定该化合物为(+)-顺式凯林内酯。

化合物 **9**: 无色针晶(甲醇)。ESI-MS m/z : 263 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.25 (1H, d,

$J = 9.5$ Hz, H-3), 7.88 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-4), 7.46 (1H, d, $J = 8.6$ Hz, H-5), 6.80 (1H, d, $J = 8.6$ Hz, H-6), 3.74 (1H, d, $J = 4.3$ Hz, H-3'), 4.92 (1H, d, $J = 4.3$ Hz, H-4'), 1.38 (3H, s, H-5'), 1.45 (3H, s, H-6'); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 163.5 (C-2), 112.7 (C-3), 146.4 (C-4), 129.9 (C-5), 113.8 (C-6), 156.0 (C-7), 115.9 (C-8), 158.0 (C-9), 112.2 (C-10), 79.9 (C-2'), 66.1 (C-3'), 75.0 (C-4'), 23.2 (C-5'), 25.0 (C-6')。以上数据与文献报道一致^[13], 鉴定该化合物为(-)-反式凯林内酯。

化合物 **10**: 无色针晶(丙酮)。ESI-MS m/z : 272 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 6.76 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2, 6), 7.11 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3, 5), 2.96 (2H, t, $J = 7.0$ Hz, H-7), 4.42 (2H, t, $J = 7.0$ Hz, H-8), 7.96 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.90 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 3.85 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 122.3 (C-1), 131.4 (C-2, 6), 115.6 (C-3, 5), 154.4 (C-4), 34.6 (C-7), 65.6 (C-8), 129.4 (C-1'), 113.4 (C-2', 6'), 129.8 (C-3', 5'), 163.4 (C-4'), 166.4 (C-7'), 55.4 (-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[14], 鉴定该化合物为茴香酸对羟基苯乙酯。

化合物 **11**: 无色针晶(丙酮)。ESI-MS m/z : 233 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 8.18 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-4), 8.08 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-2'), 7.29 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-3'), 6.34 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-3), 4.11 (3H, s, 5-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 160.1 (C-2), 112.3 (C-3), 139.6 (C-4), 141.4 (C-5), 114.6 (C-6), 147.0 (C-7), 125.3 (C-8), 140.0 (C-9), 107.0 (C-10), 146.4 (C-2'), 105.8 (C-3'), 61.3 (5-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[15], 鉴定该化合物为5-甲氧基-8-羟基补骨脂内酯。

化合物 **12**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 217 [M+Na]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.60 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7), 7.17 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2), 7.06 (1H, dd, $J = 1.9, 8.2$ Hz, H-6), 6.81 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 6.31 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8), 3.89 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 171.1 (-COOH), 146.8 (C-7), 150.5 (C-4), 149.4 (C-3), 127.8 (C-1), 124.0 (C-8), 116.5 (C-6), 116.1 (C-5), 111.7 (C-2), 56.4 (-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[16], 鉴定该化合物为阿魏酸。

化合物 **13**: 无色针晶(丙酮)。ESI-MS m/z : 271 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 8.05 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-4), 7.55 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-2'), 7.04 (1H, s, H-8), 6.92 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-3'), 6.14 (1H,

d, $J = 9.8$ Hz, H-3), 5.45 (1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-3''), 4.88 (2H, d, $J = 7.0$ Hz, H-2''), 1.70 (3H, s, H-5''), 1.79 (3H, s, H-6''); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 161.1 (C-2), 112.3 (C-3), 140.0 (C-4), 149.4 (C-5), 114.2 (C-6), 157.8 (C-7), 94.3 (C-8), 152.5 (C-9), 107.8 (C-10), 144.3 (C-2'), 104.8 (C-3'), 69.7 (C-2''), 119.5 (C-3''), 139.1 (C-4''), 25.2 (C-5''), 20.9 (C-6''). 以上数据与文献报道一致^[17], 鉴定该化合物为异欧前胡素。

化合物 **14**: 无色针晶 (丙酮)。ESI-MS m/z : 187 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.78 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-4), 7.69 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-2'), 7.42 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5), 7.36 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6), 7.12 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-3'), 6.34 (1H, d, $J = 9.8$ Hz, H-3); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 160.1 (C-2), 114.3 (C-3), 144.6 (C-4), 124.4 (C-5), 109.2 (C-6), 157.8 (C-7), 117.3 (C-8), 149.0 (C-9), 113.8 (C-10), 146.3 (C-2'), 104.8 (C-3')。以上数据与文献报道一致^[18], 鉴定该化合物为异补骨脂素。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 王幼平, 溥发鼎, 王萍莉, 等. 中国特有属—羌活属系统分类研究 [J]. 云南植物研究, 1996, 18(4): 424-430.
- [3] 张和平. 羌活在脑血管疾病中的运用 [J]. 四川中医, 2005, 23(6): 29.
- [4] 秦彩玲, 张毅, 刘婷, 等. 中药羌活有效成分的筛选试验 [J]. 中国中药杂志, 2000, 25(10): 639-640.
- [5] 肖永庆, 马场さみ江, 谷口雅颜. 中药羌活中的香豆素 [J]. 药科学报, 1995, 30(5): 274-279.
- [6] 张艳侠, 蒋舜媛, 徐凯节, 等. 宽叶羌活种子的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(7): 941-945.
- [7] 贾爱群, 谭宁华, 周俊, 等. 漆姑草中酚性成分研究 [J]. 中草药, 2008, 39(11): 1609-1612.
- [8] Yang D S, Li Z L, Yang Y P, *et al.* Chemical constituents from *Hypericum beani* [J]. *Chin Herb Med*, 2015, 7(4): 375-379.
- [9] 肖永庆, 孙友富, 刘晓宏. 羌活化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 1994, 19(7): 421-422.
- [10] 赵保华, 许琼明, 邹忠梅, 等. 瘤果紫玉盘地上部分化学成分研究 [J]. 中草药, 2006, 37(5): 676-677.
- [11] 于磊, 张东明. 铁篱笆果化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(24): 2049-2052.
- [12] 孙振蛟. 浙江产杭白芷化学成分及总香豆素类成分提取工艺的研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2004.
- [13] Kong L Y, Li Y, Min Z D, *et al.* Coumarins from *Peucedanum praeruptorum* [J]. *Nat Prod Res*, 2003, 5(3): 183-187.
- [14] 张鹏, 杨秀伟. 羌活化学成分进一步研究 [J]. 中国中药杂志, 2008, 33(24): 2918-2921.
- [15] 赵波, 李宏, 刘军, 等. 川明参中香豆素类成分的研究 [J]. 中药与临床, 2010, 1(1): 23-25.
- [16] 李海波, 于洋, 王振中, 等. 热毒宁注射液抗病毒活性成分研究 (I) [J]. 中草药, 2014, 45(12): 1682-1688.
- [17] 忻莉娟, 凌罗庆. 宽叶羌活的化学成分研究 [J]. 植物学报, 1988, 30(5): 562-564.
- [18] 田宇洁, 李金楠, 冯金磊, 等. 羌活化学成分研究 [J]. 辽宁中医学院学报, 2013, 15(6): 40-42.